

LASER ANNEALING METHOD

Publication number: JP8148423 (A)

Publication date: 1996-06-07

Inventor(s): SASAGAWA TOMOHIRO; FUJIKAWA SHUICHI; SUZUKI
AKIHIRO; INOUE MITSUO; HARUTA TAKEO; YAGI
SHIGENORI; GOTO YOSHIYUKI; YOSHIDA KAZUO

Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Classification:

- international: G02B5/32; G02F1/136; G02F1/1368; H01L21/20; H01L21/268;
H01L21/336; H01L29/786; G02B5/32; G02F1/13; H01L21/02;
H01L29/66; (IPC1-7): H01L21/20; G02B5/32; G02F1/136;
H01L21/268

- European:

Application number: JP19940285471 19941118

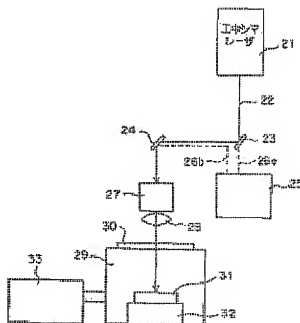
Priority number(s): JP19940285471 19941118

Also published as:

JP3388042 (B2)

Abstract of JP 8148423 (A)

PURPOSE: To obtain a method for laser annealing which can form a polysilicon layer of uniform crystallinity. CONSTITUTION: The beam sectional shape of a laser beam radiated from a laser oscillator 21 is shaped by beam shaping optical systems 27, 28 to generate a linear laser beam having a length longer than either longitudinal or lateral direction of a part to be polysiliconized on the amorphous silicon film of a board 31 is the longitudinal direction of a rectangular shape. The laser beam is relatively moved on the part to be turned to polysilicon in the lateral direction of the beam, emitted to the entire area of the part to be turned to polysilicon.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-148423

(43)公開日 平成8年(1996)6月7日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/20				
G 0 2 B 5/32				
G 0 2 F 1/136	5 0 0			
H 0 1 L 21/268		Z		

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 30 頁)

(21)出願番号 特願平6-285471

(22)出願日 平成6年(1994)11月18日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 笹川 智広

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 藤川 周一

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 鈴木 昭弘

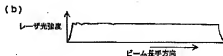
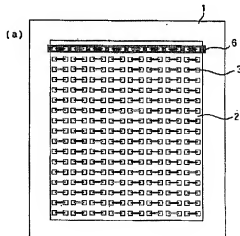
尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(74)代理人 弁理士 田澤 博昭 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザアニーリング方法

(57)【要約】

【目的】 均一な結晶性のポリシリコン層を形成できる
レーザアニーリング方法を得ることを目的とする。【構成】 ビーム整形光学系27, 28により、レーザ
発振器21から放射されたレーザビームのビーム断面形
状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であってその
長手方向において基板31のアモルファスシリコン膜上
の被ポリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一
方よりも長い長さを有する線状レーザビームを生成す
る。そして、線状レーザビームを該レーザビームの幅方
向に被ポリシリコン化部上を相対的に移動させて照射
し、被ポリシリコン化部の全域を照射する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成されたアモルファスシリコン膜をレーザ照射によりポリシリコン化するレーザアニーリング方法において、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向において前記アモルファスシリコン膜上の被ポリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、前記線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に前記被ポリシリコン化部に相対的に移動させて照射し、前記被ポリシリコン化部の全域を照射する照射ステップとを含むことを特徴とするレーザアニーリング方法。

【請求項2】 基板上に形成されたアモルファスシリコン膜をレーザ照射によりポリシリコン化するレーザアニーリング方法において、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向においてポリシリコン化により前記基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において前記薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、前記線状レーザビームを用いて薄膜トランジスタ形成部の1列分を一括照射する照射ステップとを含むことを特徴とする請求項1に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項3】 前記線状ビーム生成ステップにおいて、長手方向において前記基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において前記薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを複数生成し、前記照射ステップにおいて、前記複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項4】 前記基板上に照射される前記線状レーザビームのパルス幅が50ns以上であることを特徴とする請求項2に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項5】 50ns以上のパルス幅のレーザビームを生成するために、前記レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、該複数のレーザビームのうちの少なくとも1つのレーザビームを他のレーザビームに対して遅延させ、前記複数のレーザビームを重ねて前記基板上に照射する光学的遅延ステップをさらに含むことを特徴とする請求項4に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項6】 前記レーザ発振器が、レーザ媒質としてのレーザガス中において相対して設けられた第1及び第

2の主電極と、前記第1及び第2の主電極に並列に接続されたスパイカコンデンサと、前記第1及び第2の主電極にスイッチング素子を介して並列に接続されたサステイナコンデンサと、前記スパイカコンデンサを充電するスパイカ充電用電源と、前記サステイナコンデンサを充電するサステイナ充電用電源とを具備することを特徴とする請求項4に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項7】 アモルファスシリコン膜をポリシリコン化するアニール用の前記レーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、前記アモルファスシリコン膜又は前記基板を補助加熱する補助加熱ステップをさらに含んでおり、補助加熱用の前記他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビームの長さより大きな長さを有し、且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅より大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームパルスの時間幅よりも長いパルス状のレーザビームか又は定常発振のレーザビームであり、前記補助加熱ステップにおいて同一の被ポリシリコン化部に同一のアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に照射し、且つ補助加熱用のレーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項8】 前記線状ビーム生成ステップにおいて、前記レーザ発振器から放射されたレーザビームを線状に整形すべく、遠視野で複数の点を少なくとも1つの直線上に任意の位相で結像するフーリエ変換型位相ホログラムを用いることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項9】 前記フーリエ変換型位相ホログラムは、遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する位相ホログラムであることを特徴とする請求項8に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項10】 前記フーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のレーザビームが前記アモルファスシリコン膜に対して実質的に垂直に入射すべく前記フーリエ変換型位相ホログラムの後方にレンズが設けられており、前記フーリエ変換型位相ホログラムが前記レンズの前側の焦点位置に配置されたことを特徴とする請求項8又は請求項9に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項11】 前記線状ビーム生成ステップにおいて線状レーザビームを生成する前に、少なくとも線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大するステップをさらに含むことを特徴とする請求項8から請求項10のうちのいずれか一項に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項12】 前記レーザ発振器が、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減するための不安定型共

振器を具備することを特徴とする請求項8から請求項10のうちのいずれか一項に記載のレーザアニーリング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、基板上に形成されたアモルファスシリコン膜をレーザ照射によりポリシリコン化するレーザアニーリング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図38は例えば特開平5-175235号公開報に開示された従来のレーザアニーリング方法を説明するための図であり、図において、1は駆動回路を作り込む部分、2は画素を作り込む部分、3は薄膜トランジスタ(TFT)形成部、11はレーザビームスポット、12はレーザビームの走査方向を示す矢印である。

【0003】 半導体膜としてアモルファスシリコンを用いた薄膜トランジスタをスイッチング素子とする液晶ディスプレイが実用化されているが、高精細化に伴って画素サイズが小さくなってきており、薄膜トランジスタ部の占有面積を極力小さくするために、アモルファスシリコンより動作速度の速いポリシリコンに置き換えようとする開発が進んでいる。さらに、薄膜トランジスタを駆動する回路までも、ポリシリコンを用いた薄膜トランジスタを用いて形成していこうとしており、ポリシリコンが液晶ディスプレイにおけるキーマテリアルとなってきた。

【0004】 ポリシリコン層を得る手段として、図38に示したようなガラス基板等の基板上に形成されたアモルファスシリコン層をレーザでアニーリングし、溶融再結晶化する方法が有り、全体を高温に加熱する必要があるため、安価なガラスを基板として用いることができる方法として期待されている。

【0005】 アモルファス層全域を一度に照射するには、極めて大きなレーザ出力が必要となるため、従来は矩形ビームをステップ毎に重ねあわせて照射して全域をアニーリングする手法がとられていた。しかし、重ねあわせの部分とそれ以外の部分で結晶性が異なり、これをベースに構成される薄膜トランジスタの特性が均一でなくするため液晶画面にムラが生じるなどの問題点があった。

【0006】 一方、レーザの必要出力を少しでも少なくする方法として、図38に示したように、アモルファス層全域ではなく薄膜トランジスタを形成する部分のみを照射する方法が提案されている。

【0007】 次に動作について説明する。図38から明らかなように、薄膜トランジスタが形成される部分は幅数 μm 〜数十 μm で一列に並んでおり、このような列が数百列並ぶ構成となっている。ポリシリコンが必要な所は当該部分のみであるので、レーザ発振器から放射され

た点状のガウシアンレーザビームはビームホモジナイザで整形された後、1つの薄膜トランジスタの幅より大きい幅を有した均一な強度分布を有するレーザビームが当該薄膜トランジスタが形成される部分に限定して照射される。これにより、レーザ出力は少なくて済むと言うわけである。また、薄膜トランジスタ列分のレーザアニーリングは、図38に示すように矢印12で示す薄膜トランジスタ列の長手方向にレーザ光を走査することにより達成される。尚、レーザ光を走査するの代わって、基板をステージ等により矢印12とは逆方向に並進移動させてもよい。

【0008】 図39は例えば電子情報通信学会論文誌1993/5Vol.1 J76-C-11No.5, p241-248に示されている従来の他のレーザアニーリング方法を説明するための構成図であり、図において、21はレーザ発振器、22はレーザ発振器21から放射されたレーザ光、23はレーザ光路のX軸を調整する反射ミラー、24はレーザ光路のY軸を調整する反射ミラー、25は反射ミラー23、24を制御するモータコントロールシステム、26a、26bはモータコントロールシステム25と反射ミラー23、24を接続する信号線、27はビームホモジナイザ、29は真空チャンバ、30は真空チャンバ29に設けられた窓、31はアニーリング加工対象物、19はヒータ、33は真空ポンプである。

【0009】 次に動作について説明する。アニーリング用レーザ発振器21としては例えばエキシマレーザが用いられる。図39に示した従来例の場合、ArFエキシマレーザが用いられており、レーザ光のパルス幅は17nsである。図40はレーザ発振器21から放射されたレーザ光の一例を示す図である。レーザ光のパルス幅はレーザ発振器21から放射されたレーザ光の半値幅で定義している。以下、この明細書において、レーザ光のパルス幅はレーザ発振器21から放射されたレーザ光の半値幅であるとする。レーザ発振器21から放射されたレーザ光22は反射ミラー23、24により偏向、走査され、ビームホモジナイザ27により約3mm角の領域にビーム強度の均一化を行なった後、窓30を通じて真空チャンバ29内のアニーリング加工対象物31に照射される。尚、真空チャンバ29内は真空ポンプ33により 1×10^{-4} Pa以下の圧力に保たれる。

【0010】 レーザ光が照射されるとアニーリング加工対象物31の表面の温度が急上昇し、溶融する。そしてアニーリング加工対象物31に到達するレーザ光が途絶えるとアニーリング加工対象物31の表面温度が低下し、この過程で表面の結晶化が起こる。薄膜トランジスタ形成部のアニーリング加工では、基板上に形成されたアモルファスシリコン膜にレーザ光を照射してこの部分を溶融し、その冷却過程でポリシリコンの結晶を成長させる。得られた結晶の粒境が大きい程この部分の電子移動度が高くなり、製作する薄膜トランジスタの動作速度

が速くなる。それ故、薄膜トランジスタ形成部のアニーリング加工では、粒塊の大きなポリシリコン結晶を得ることが課題となっている。

【0011】また、溶融再結晶時のポリシリコン結晶の粒塊サイズは、溶融後の温度低下速度が遅く結晶化のための時間を長く取れるほど大きくなる傾向がある。従って、レーザ光を用いたアモルファスシリコン膜のアニーリングにおいて、アモルファスシリコンが一旦溶融し再結晶化する際の温度低下速度を低減することにより、粒塊が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。このため、単一のレーザ光を用いた従来のレーザアニーリング方法においては、アニーリング加工対象物31であるアモルファスシリコン薄膜を形成した基板全体をヒータ19で加熱することにより温度低下速度の低減を図っていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来のアニーリング方法は以上のように構成されているので、アモルファスシリコンが溶融し再結晶化した再結晶化部内に溶融部の流動により生じた波紋状の不均一性層が混入してしまい、特性の揃った薄膜トランジスタが形成されないという問題点があった。図41は例えば特開平5-175235号公報に開示されたレーザアニーリング方法による照射結果を示している。このように、従来はレーザビームを走査して薄膜トランジスタ列分のアニーリングを行っているので、溶融部の流動により生じた波紋状の不均一性層5が再結晶化部4内に混入してしまうという問題点があった。

【0013】また、レーザ発振パルス幅の短いパルスレーザを用いた従来のレーザアニーリング方法では、発振停止後の溶融部温度低下速度が大きく、それ故、粒塊が大きく電子移動度の高いポリシリコン結晶が得られないという問題点があった。特に、エキシマレーザ光を用いた細線ビームとして用いている場合、市販のエキシマレーザの発振パルス幅が10~20nsと非常に短いに加えて、加工対象物表面にビーム照射部と非照射部との境界領域が長いことにより熱拡散が大きいため、この問題点が顕著に現われていた。

【0014】さらに、基板の加熱に使用するヒータはジュール熱を利用しており、熱伝導により基板全体の温度を一様に上昇させてなくてはならないため、目的の温度に到達するまでに時間を要するという問題点があった。また、基板全体を加熱しなければならないため、ポリシリコン化を要するトランジスタ形成部以外の領域において不要な熱が消費されるという問題点があった。

【0015】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、薄膜トランジスタが形成される部分近傍をアニーリング対象領域とすべく線状レーザビームを生成し、これにより該領域において均一な結晶性のポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法

を得ることを目的とする。

【0016】また、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線状レーザビームの重なりを防止して画素一列分を一括して照射し、均一な結晶性のポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0017】また、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線状レーザビームの重なりを防止して画素複数列分を一括して照射し、加工速度を上げることができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0018】また、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において溶融再結晶時の温度低下速度を小さくすることにより粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン結晶を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0019】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法においてポリシリコン化する領域周囲を確実に補助加熱することにより粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0020】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において均一で安定した強度分布を有した線状レーザビームを生成し、安定で均一な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0021】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線幅の方向により均一な強度分布を有した線状レーザビームを生成し、安定で均一な加工を行うことができる上に照射位置のアライメント精度を緩和できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0022】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法においてレーザビームの加工対象物への入射角度を一定に維持し安定で均一な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0023】さらにまた、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線幅の細い線状レーザビームを生成し、高精度な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係るレーザアニーリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形であり、且つその長手方向においてアモルファスシリコン膜上の被ポリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップ

と、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ボリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、被ボリシリコン化部の全域を照射する照射ステップを含むものである。

【0025】請求項2の発明に係るレーザアニリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向においてボリシリコン化により基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、線状レーザビームを用いて薄膜トランジスタ形成部の一列分を一括照射する照射ステップを含むものである。

【0026】請求項3の発明に係るレーザアニリング方法は、線状ビーム生成ステップにおいて、長手方向において基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを複数生成し、照射ステップにおいて、複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射するものである。

【0027】請求項4の発明に係るレーザアニリング方法は、基板上に照射される線状レーザビームのパルス幅が50 ns以上であるものである。

【0028】請求項5の発明に係るレーザアニリング方法は、50 ns以上のパルス幅のレーザビームを生成するために、レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、該複数のレーザビームのうちの少なくとも1つのレーザビームを他のレーザビームに対して遅延させ、複数のレーザビームを重ねて基板上に照射する光学的遅延ステップをさらに含むものである。

【0029】請求項6の発明に係るレーザアニリング方法は、レーザ発振器が、レーザ媒質としてのレーザガス中において相対して設けられた第1及び第2の主電極と、第1及び第2の主電極に並列に接続されたスパイカコンデンサと、第1及び第2の主電極にスイッチング素子を介して並列に接続されたサステイナコンデンサと、スパイカコンデンサを充電するスパイカ充電用電源と、サステイナコンデンサを充電するサステイナ充電用電源とを具備するものである。

【0030】請求項7の発明に係るレーザアニリング方法は、アニール用のレーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、アモルファスシリコン膜又は基板を補助加熱する補助加熱ステップをさらに含んでおり、補助加熱用の他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビ

ームの長さより大きな長さを有し、且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅より大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームパルスの時間幅よりも長いパルス状のレーザビームか又は定常発振のレーザビームであり、補助加熱ステップにおいて同一の被ボリシリコン化部に対しアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用レーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了するものである。

【0031】請求項8の発明に係るレーザアニリング方法は、線状ビーム生成ステップにおいて、レーザ発振器から放射されたレーザビームを線状に整形すべく、遠視野で複数の点を少なくとも1つの直線上に任意の位相で結像するフーリエ変換型位相ホログラムを用いるものである。

【0032】請求項9の発明に係るレーザアニリング方法は、遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する位相ホログラムを用いるものである。

【0033】請求項10の発明に係るレーザアニリング方法は、フーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のレーザビームがアモルファスシリコン膜に対して実質的に垂直に入射すべくフーリエ変換型位相ホログラムの後方にレンズの前側の焦点位置にフーリエ変換型位相ホログラムが配置されたものである。

【0034】請求項11の発明に係るレーザアニリング方法は、線状ビーム生成ステップにおいて線状レーザビームを生成する前に、少なくとも線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大するステップをさらに含むものである。

【0035】請求項12の発明に係るレーザアニリング方法は、レーザ発振器が、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減するための不安定型共振器を具備するものである。

【0036】

【作用】請求項1の発明におけるレーザアニリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、長手方向においてアモルファスシリコン膜上の被ボリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成し、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ボリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、被ボリシリコン化部の全域を照射する。このように、線状レーザビームを用いて長手方向において被ボリシリコン化部のいずれかの辺の長さよりも長い長さの領域を一括照射するので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを走査することによる再結晶化部の波紋状の不均

一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる。

【0037】請求項2の発明におけるレーザアニリング方法は、線状レーザビームを生成する際に、長手方向においてポリシリコン化により基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さをも有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成し、薄膜トランジスタ形成部の1列分を一括照射する。このように、線状レーザビームを用いて長手方向において薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さの領域を一括照射するので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを走査することによる再結晶化部の波紋状の不均一性はなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる。

【0038】請求項3の発明におけるレーザアニリング方法は、線状レーザビームを生成する際に、長手方向において基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さをも有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを複数生成し、複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射する。このように、線状レーザビームを用いて長手方向において薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さの複数の領域を一括照射するので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを掃引することによる再結晶化部の波紋状の不均一性はなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる上に加工速度を向上させる。

【0039】請求項4の発明におけるレーザアニリング方法は、パルス幅が50 ns以上である線状レーザビームを用いて基板上のアモルファスシリコン膜を照射する。これにより、アニリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができる。従って、アモルファスシリコンを線状レーザビームにて十分加熱することができる。この結果、粒径が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0040】請求項5の発明におけるレーザアニリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、複数のレーザビームのうち少なくとも1つのレーザビームを他のレーザビームに対して遅延させ、複数のレーザビームを重ねて基板上に照射する。これにより、照射するレーザビームのパルス幅を見かけ上増大させることができ、アニリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができる。従って、アモルファスシ

リコンを線状レーザビームにて十分加熱することができる。融融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。この結果、粒径が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0041】請求項6の発明におけるレーザアニリング方法は、スパイカ充電用電源により充電されたスパイカコンデンサから第1及び第2の主電極間に電力を供給し、第1及び第2の主電極間の放電を開始させる。この時点まではスイッチング素子はオフしており、第1及び第2の主電極間の放電はスパイカコンデンサのみから供給されるエネルギーにより生ずる。次に、サステイナコンデンサをサステイナ充電電源により充電した後、スパイカ回路による放電が終了する前にスイッチング素子をオンする。この結果、スパイカ回路から供給されるエネルギーで開始された主放電部に、サステイナコンデンサに充電したエネルギーが注入される。これにより、レーザ発振器はパルス幅が大きいレーザビームを発振し、アニリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができる。従って、アモルファスシリコンを線状レーザビームにて十分加熱することができる。この結果、粒径が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0042】請求項7の発明におけるレーザアニリング方法は、アモルファスシリコン膜をポリシリコン化するアニール用のレーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、アモルファスシリコン膜又は基板を補助加熱する。この際、補助加熱用の他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビームの長さより大きな長さを有し且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅より大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームパルスの時間幅よりも長いパルス長のレーザビームか又は定常発振のレーザビームである。また、補助加熱する際に、同一の被ポリシリコン化部に対しアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用レーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了する。これにより、基板全体を加熱することが可能となり、熱の影響を考慮することなく設計し得る簡易な基板保持機構のもとで、精度よく瞬時に効率的なアニールを行う、粒径が大きく均一な結晶性を有するポリシリコン膜を得ることができる。

【0043】請求項8の発明におけるレーザアニリング方法は、線状レーザビームを生成する際、フーリエ変換型位相ホログラムを用いてレーザ発振器から放射されたレーザビームから、遠視野で複数の点を生成して少なくとも1つの直線上に任意の位相で結像する。これにより、一直線上に多数の集光スポットを作りそれらを重ね合わせることに、長手方向に均一な光強度分布を有す

る線状レーザビームを生成し、安定で均一なアニールを行うことができる。

【0044】請求項9の発明におけるレーザアニリング方法は、フーリエ変換型位相ホログラムを用いて遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する。これにより、複数の平行な直線上に多数の集光スポットを作りそれらを重ね合わせることで、より均一な光強度分布を有する線状レーザビームを生成し、安定で均一なアニールを行うことができる。

【0045】請求項10の発明におけるレーザアニリング方法は、レンズを用いてフーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のビームがアモルファスシリコン膜に対して実質的に垂直に入射するように調整する。従って、分割されて基板へ照射されるレーザビームそれぞれの光軸が全て基板に対して垂直になるので、入射角の変動によって基板へのエネルギー吸収率が変化することがなくなり、安定で均一なアニールを行うことができる。

【0046】請求項11の発明におけるレーザアニリング方法は、線状レーザビームを生成する際、前もって、少なくとも線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大する。従って、線状レーザビームの幅を小さくでき、ビーム発散角の大きなレーザ発振器が使用できる。また、ビーム幅が小さくなるに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできる。高解像度の液晶ディスプレイを製作することができる。

【0047】請求項12の発明におけるレーザアニリング方法は、レーザ発振器が具備する不安定共振器により、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減する。従って、幅方向のビーム発散角を小さくすることにより、線状レーザビームの幅を小さくできる。それ故、ビーム幅が小さくなるに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高解像度の液晶ディスプレイを製作することができる。

【0048】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の実施例を図について説明する。図1はこの発明の一実施例によるレーザアニリング方法を示す説明図であり、図1(a)はこの実施例によるレーザアニリング方法が適用される、アモルファスシリコンの薄膜が形成された、例えばガラス基板の平面図を示しており、図1(b)は図1(a)のガラス基板に照射される、この実施例によるレーザアニリング方法に使用されるレーザビームのビーム長手方向のレーザ光強度分布を示す図である。図1(a)において、1はガラス基板の駆動回路を作り込む部分、2は画素を作り込む部分、3は薄膜トランジスタ(TFT)形成部、6は長手方向において薄膜トランジスタ形成部3の1列

分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部3の幅より広く且つ、トランジスタが形成される列の間隔より小さい幅を有するような線状レーザビームが基板上に投影されたビームスポットである。

【0049】図2はこの実施例によるレーザアニリング方法を実現する装置であり、上記したような断面形状を有するレーザビームを生成して、基板に照射するためのレーザアニリング装置を概略的に示すブロック図であり、21はエキシマレーザ等のレーザ発振器、22はレーザ光、23はレーザ光路のX軸を調整する反射ミラー、24はレーザ光路のY軸を調整する反射ミラー、25は反射ミラー23、24を制御するモータコントロールシステム、26a、26bはモータコントロールシステム25と反射ミラー23、24を接続する信号線、27はレーザビームの強度分布を均一にするためのビームホモジナイザ、28はビームホモジナイザ27から出射したレーザビームを細線状の形状に整形して集光するためのレンズ系(例えば、シリンドリカルレンズ)、29は真空チャンパ、30は真空チャンパ29に取り付けられたレーザ光を導入するための窓、31はアニリング加工対象物、32はアニリング加工対象物31を載置するための台、33は真空ポンプである。尚、線状ビーム生成ステップは、主にビームホモジナイザ27及びレンズ28によって実現され、照射ステップは、主に反射ミラー23、24及び台32によって実現される。また、ビームホモジナイザ27及びレンズ28は、線状レーザビームを生成するためのビーム整形光学系を構成する。

【0050】図3及び図4はビームホモジナイザ27の構成例を示す図である。ビームホモジナイザ27は、線状レーザビームのような均一な強度分布を作り出すビーム整形光学系として用いられ、図3は「プロセーディングズ オブ エス・ピー・アイ・イー、第1377巻、第30-35頁(Proceedings of SPIE Vol1377 p30-35)」に示されたビームホモジナイザ光学系を示しており、271はフライアイレンズ、272はコリメートレンズである。この例では、レーザ光はフライアイレンズ271によって多数の部分に分割されると同時に、それぞれが拡大され、重ね合わされる。その後、コリメートレンズ272によってコリメートされて均一な強度分布のレーザビームが生成される。図4は同様に「プロセーディングズ オブ エス・ピー・アイ・イー、第1377巻、第30-35頁(Proceedings of SPIE Vol1377 p30-35)」に示された、ビームホモジナイザ光学系の第2の例であり、273はプリズムである。この例では、レーザ光はプリズム273で中央から分割され、それぞれが偏向されて重ね合わされることによって、均一な強度分布を有するレーザビームが生成される。ビームホモジナイザ27としては、図3又は図4に記載された光学系が使用されるが、これに限定されるものではない。後述

するように、このようなビームホモジナイザは、良好な均一強度分布を有するレーザビームを生成するのが困難であるという問題点を抱えている。

【0051】次に動作について説明する。エキシマレーザ等のレーザ発振器21から出射されたレーザ光22は、反射ミラー23、24により走査され、ビームホモジナイザ27によりビーム強度の均一化を行なった後、その断面形状はレンズ系28により細線状に整形され且つ集光され、窓30を通じて真空チャンバ29内のアニーリング加工対象物31に照射される。

【0052】レーザビームの整形は、アニーリング加工対象物31に投影されたビームスポットの形状が、長手方向においてアルファスシリコン膜のポリシリコン化する部分のいずれかの辺の長さより長い長さを有し、さらに、薄膜トランジスタ形成部3の1列分より長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部3の幅より広く且つ、トランジスタが形成される列の間隔より小さい幅を有するようになされる。この際、アニーリング加工対象物であるガラス基板の圖案を作り込む部分2に照射されたレーザビームスポットはのビーム長手方向のレーザ光強度分布は図1(b)に示すように均一である。

【0053】図1(a)に示す圖案を作り込む部分2の全体に渡ってポリシリコン化するには、線状のレーザビームを基板に対して相対的にそのビーム幅の方向(短辺方向)に移動させなければならない。そのような相対的な移動は、レーザビームを光学系によって偏向させるか、又は、アニーリング加工対象物31を並進移動させることによって達成される。

【0054】長手方向に強度分布が均一であるように整形された線状のレーザビームは、アニーリング加工対象物上で図1(a)における斜線部分で示されたビームスポット6を形成する。このように薄膜トランジスタ形成部3の一列に対応する斜線部分を一括にレーザ光により照射すると、アニーリング加工対象物31の斜線部分の表面の温度が急上昇し溶融する。そして、加工対象物へ到達するレーザ光が途絶えるとアニーリング加工対象物31の表面温度が低下し、この過程で表面の結晶化が起こる。これにより、一度のレーザビームの照射により斜線部分を一括して溶融再結晶化させることが可能となる。尚、所望するポリシリコン化を達成するためには、レーザビームの照射回数は複数回でも良い。また、アニーリング中真空チャンバ29内は真空ポンプ33により 1×10^{-7} Pa以下の圧力に保たれている。

【0055】図5は、この実施例によるレーザアニーリング方法におけるレーザビームを用いて、アルファスシリコン膜を照射再結晶化した際の結晶性の状況を示す図であり、7は粒径が0.1 μm 以上のポリシリコン層の領域、8は0.1 μm 以下の領域である。なお、粒径は照射条件、アルファスシリコン膜厚みによって変化

するので絶対値そのものは、この発明に係る重要なファクターではない。このようなポリシリコン層の区分けは粒径の大きな部分と小さな部分という定義に等しい。

【0056】従来、先述のように照射再結晶化において粒径のパラツキがみられるのが問題であったが、この実施例によるレーザアニーリング方法によれば、薄膜トランジスタ列分に対応する領域が長手方向に対して一括、同時に溶融再結晶化されるため、図5に示すように長手方向全域にわたって均一な結晶化が実現されている。これに対して、ポリシリコン化した部分は線状のレーザビームの幅方向には、粒径の大きなポリシリコン層の領域7と小さなポリシリコン層の領域8に分かれており、粒径のパラツキが観測されたが、粒径の大きな部分のポリシリコン層の領域7の幅は薄膜トランジスタを形成するのに必要な領域の幅よりも十分広いため実質上問題は無い。

【0057】また、上記の説明では、一本の線状レーザビームを用いたが、該レーザビームを適当な光学素子を用いて複数に分割するか、もしくは、複数個のレーザビームを用いて、複数列を同時に照射するようにしても良い。

【0058】以上示したように、この発明によるレーザアニーリング方法は、典型的には、ポリシリコンを用いた薄膜トランジスタを圖案用スイッチング素子として備えた液晶ディスプレイを製造するために使用されるが、これに限定されるものではない。

【0059】実施例2. 図6は、この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物の平面図であり、図において、図1に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、9は薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部分、10は形状がその長手方向において被ポリシリコン化部(上記トランジスタ形成部)の縦方向又は横方向の総長よりも長い長さを持つような線状レーザビームのスポットである。

【0060】次に動作について説明する。一般に、ガラス基板の駆動回路を作り込む部分1の薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部分9は、ある回路パターンに従って配置されるが、この実施例では、その配置に制限を設け、縦列分又は横列分の少なくとも一方が規則的な列をつくるようにしたものである。この配置をとることにより、線状レーザビームを用いて、該一列分を一括してアニーリングすることができる。回路設計上に制限が生じるが、アニーリング工程をきわめて簡易にすることができ、歩留まりの向上をはかるとともに、制作コストを低減することができる。

【0061】この実施例では、薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部

分9をレーザビームスポット10を生じさせるレーザを用いてアニーリングしたが、図7に示すように、トランジスタが形成される部分の配置を画素部2内のTFT配置と同じ横列又は縦列上にもつてくることにより、線状スポット10'を有する線状レーザビームで両者を同時にアニーリングしてもよい。これによって、線状レーザビームを用いて、薄膜トランジスタ及び薄膜トランジスタの駆動回路を構成するトランジスタの一群を一括してアニーリングすることができ、アニーリング工程をきわめて簡易にすることができ、歩留まりの向上をはかるとともに、制作コストを低減することができる。

【0062】実施例3. 図8はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物の平面図であり、図において、図6に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、10a、10b、10cは、形状がその長手方向において被ポリシリコン化部（上記トランジスタ形成部）の縦又は横方向の端長よりも長い長さを持つような線状であるようなレーザビームのスポットである。

【0063】次に動作について説明する。上記実施例2では、薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部分9をレーザ照射したが、この実施例では回路設計に自由度を与え、代わりに駆動回路対応部分全体をアニーリングするものである。ただしこの際、線状レーザビームを図8に示すように密接してステップ&リピート照射するように工夫することで、小出力のレーザで全体をアニーリングすることが可能である。

【0064】実施例4. 図9はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図2に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、21aは発振パルス幅が200nsと従来用いられてきたエキシマレーザに比べて発振パルス幅が長い特徴を有している。図10はこのエキシマレーザ21aの発振パルス波形を示す図である。

【0065】次に動作について説明する。エキシマレーザ21aは発振パルス幅が200nsと従来用いられてきたエキシマレーザに比べて発振パルス幅が長い特徴を有している。図10はこのエキシマレーザ21aの発振パルス波形を示す図である。

【0066】エキシマレーザ21aから射出されたレーザ光は反射クラー23、24により偏向、走査され、ビームホモジナイズ27によりビーム強度の均一化を行なった後、レンズ系28（例えば、シリンドリカルレンズ）により細線状に集光され、真空チャンバ29に設けられた窓30を通じて真空チャンバ29内のアニーリング加工対象物31に照射される。真空チャンバ内は真空ポンプ33により 1×10^{-4} Pa以下の圧力に保たれる。

【0067】レーザビームの整形は、実施例1と同様に、アニーリング加工対象物31に投影されたビームス

ポットの形状が、長手方向において被加工領域、例えばアモルファスシリコン膜のポリシリコン化する部分のいずれかの辺の長さより長い長さを有し、幅方向において、被加工領域の複数の加工部のそれぞれの幅、例えば薄膜トランジスタ形成部の幅より広く且つ、トランジスタが形成される列の間隔より小さい幅を持つようになされる。この際、アニーリング加工対象物31であるガラス基板の画素を作り込む部分に照射されたレーザビームスポットはのビーム長手方向のレーザ光強度分布は図1(b)に示すように均一である。また、図1(a)に示す画素を作り込む部分2の全体に渡ってポリシリコン化するには、線状のレーザビームを基板に対して相対的にレーザビームの幅方向（短辺方向）に移動させなければならない。そのような相対的な移動は、レーザビームを光学系によって偏向させるか、又は、アニーリング加工対象物31を並進移動させることによって達成される。

【0068】レーザ光が照射されるとアニーリング加工対象物31の表面の温度が急上昇し溶融する。そしてアニーリング加工対象物31に到達するレーザ光が途絶えるとアニーリング加工対象物31の表面温度が低下し、この過程で表面の結晶化が起こる。ここで、この実施例の場合、エキシマレーザ21aから射出されるレーザ光22の発振パルス幅が200nsと長い。このため発振パルス幅が短いレーザ光を用いた場合に比べて加熱時間が長く、さらにレーザ光強度がピークに達した後レーザ発振が終了するまでの時間が長い。レーザ光照射時のアニーリング加工対象物31表面の温度変化の一例を図11に示す。パルス幅30nsのエキシマレーザ光を照射した場合、加工対象物表面温度は15ns程度の短時間で急激に上昇し、融点T_Mを超す。レーザ強度がピーク値を迎えた後低下し始めると表面温度も低下する。融点T_M付近では熔融部の潜熱により温度勾配が緩やかになる。この部分で結晶化が進む。やがて熔融部の結晶化が終わり固化すると、室温にむけて以後同一時定数にて温度が低下していく。これに対して、この実施例のようにレーザ発振パルス幅が200nsと長い場合には、図11に示すように、レーザ強度がピーク値を迎えた後表面温度が低下し結晶化が進む部分の時間が長くなる。

【0069】前述したように、薄膜トランジスタ形成部のアニーリング加工では、溶融後の温度低下速度が遅く結晶化のための時間を長く取れるほど、得られるポリシリコン結晶の粒塊サイズが大きくなり、電子移動度の高いトランジスタを得ることができる。従って、この実施例では、パルス幅が200nsと長いレーザ光を用いているので結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。粒塊サイズの大きなポリシリコン結晶を得ることができる。これにより、電子移動度が高く高速動作が可能なるトランジスタを得ることができる。照射するレーザパルス幅とアニーリングにより得られるポリシリコン結晶の電子移動度との関係の例を図12に示す。電子移動度

はレーザパルス幅の増大に伴って増加する。アニーリングによる製作する薄膜トランジスタでは、 $100\text{ cm}^2/\text{Vs}$ を越す電子移動度が要求される。図12から明らかなように、これを実現するためにはレーザアニール用のレーザ発振器としてパルス幅が 30 ns 以上のレーザを用いる必要があることがわかる。

【0070】以上述べたように、この実施例によれば、アニーリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができるレーザアニーリング装置を提供できる。かかる実施例をTFTアニーリング加工に適用することにより、アモルファスシリコンを細線状ビームにて十分加熱することができ、溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。これにより粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0071】実施例5. 図13はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を概略的に示すブロック図であり、図において、図9に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、34a、34bはビームスプリッタ、35は金反射ミラー、36a、36bはレーザ光の伝搬を遅らせる光遅延部、37a、37bはそれぞれ、光遅延部36a、36bにより遅延されたレーザ光である。光遅延部36a、36bはそれぞれ、一般的に、複数の反射ミラーで構成されており、光遅延部に入射したレーザ光は反射ミラーで折り返され、所望する遅延時間分だけ余計に空中伝搬せられる。尚、光学的遅延ステップは、光遅延部36a、36b、ビームスプリッタ34a、34b、及び金反射ミラー35によって実現される。

【0072】次に動作について説明する。エキシマレーザ等のレーザ発振器21から出射されたレーザ光22は、まず、ビームスプリッタ34aによって2つのビームに分割され、更にビームスプリッタ34bにより2つのビームに分割され、その結果3つのレーザビームに分割される。ビームスプリッタ34aで分割されたビームの一方は、例えばシンドリカルレンズのような集光レンズ28により細線状に集光され、アニーリング加工対象物31に照射される。ビームスプリッタ34aで分割されたビームの他方は、ビームスプリッタ34bによりさらに2つのビームに分割され、それぞれ光遅延部1の36a、光遅延部2の36bにより時間 t_1 、 t_2 だけ伝搬を遅らせた後、集光レンズ28により細線状に集光され、アニーリング加工対象物31に照射される。

【0073】図14は発振パルス幅 30 ns のエキシマレーザ光をビームスプリッタ34a、34bにより3分割し、光遅延部1の36a、光遅延部2の36bにより時間 $t_1=20\text{ ns}$ 、 $t_2=40\text{ ns}$ それぞれ遅延させた後アニーリング加工対象物31に照射した場合の加工対象物31上でのビーム強度時間変化を示す図である。Aは光遅延部36a、36bを通過後にアニーリング加

工対象物31に入射したレーザ光のパルス、Bは光遅延部36aを通り $t_1=20\text{ ns}$ だけ遅延されてアニーリング加工対象物31に入射したレーザ光のパルス、Cは光遅延部36bを通り $t_2=40\text{ ns}$ だけ遅延されてアニーリング加工対象物31に入射したレーザ光である。この場合、図14に示す様にアニーリング加工対象物31にはレーザビームA、B、Cが重畳されて照射される。これにより、エキシマレーザ等のレーザ発振器21が放射するレーザ光のパルス幅より長い時間アニーリング加工対象物31にレーザ光を照射することができる。

【0074】図14に示した例では、レーザ光源としてパルス幅 30 ns のレーザ光を用いて、ビームスプリッタによって3つのビームに分割して、その内2つのビームについては光遅延部36a、36bにより時間 $t_1=20\text{ ns}$ 、 $t_2=40\text{ ns}$ それぞれ遅延させ再度合成することにより、ピーク値の半分以上のビーム強度が 70 ns にわたるレーザ光を得て照射している。これにより、上記実施例4に述べた長パルスビームを用いるの場合と同様に、かかる実施例をTFTアニーリング加工に適用することにより、加工対象物にて溶融後結晶化が進む部分の時間を長くことができ、粒塊サイズの大きなポリシリコン結晶を得ることができる。これにより電子移動度が高く高速動作が可能なトランジスタを得ることができる。

【0075】光遅延部36a、36bとしては、反射ミラーで折り返して希望の遅延時間分だけ光を空中伝搬させる構成にしてもよいし、図15に示すように、所望する遅延時間分だけ伝搬に要する長さの光ファイバ36c、36dを用いてもよい。

【0076】また、この実施例ではレーザビームを3つに分割し、その内2つのビームに所定の時間遅延を与えて再度合成してレーザ光のパルス幅を見かけ上増大させたが、レーザビームの分割数は2つでも4つ以上でもよく、同様の効果を奏する。

【0077】さらに、この実施例では1つのレーザビームを複数個に分割してそれぞれに所定の時間遅延を与えたが、複数のレーザ発振器から得られるレーザビームを用いてこれらの複数のレーザビームを時間をずらして照射してもよく、同様の効果を奏する。

【0078】実施例6. 図16はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図9に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、21bはスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザである。また、図17はスパイカ・サステイナ方式レーザの励起回路構成を示す図であり、図において、40はレーザガスを封入するチャンバ、41はチャンバ40内のレーザガス中に設けられた第1の電極、42はチャンバ40内のレーザガス中において第1の電極41と相対するように設けられた第2の主電極、43は第1の電極

4 1 と第 2 の電極 4 2 との間に印加された電圧によって起こったレーザ媒質を励起する放電、4 4 は第 1 及び第 2 の主電極 4 1、4 2 に並列に接続されたスパイカコンデンサ、4 5 はスパイカコンデンサ 4 4 を充電するスパイカ充電電源、4 6 は第 1 及び第 2 の主電極 4 1、4 2 にスイッチング素子をして並列に接続されたサステイナコンデンサ、4 7 はサステイナコンデンサ 4 6 を充電するサステイナ充電電源、4 8 は予備電離溶電源、4 9 は予備電離用誘電体、5 0 は予備電離用補助電極、5 1 はスパイカ回路とサステイナ回路を分離するスイッチ素子としての磁気飽和スイッチである。

【0079】次に動作について説明する。レーザチャンバ 4 0 にレーザガスを封入した後、まず予備電離用誘電体 3 9 を介して予備電離用補助電極 5 0 と主電極 4 1、4 2 間に電圧を印加し、主電極 4 1、4 2 間に予備電離電圧を供給する。

【0080】この後、スパイカ充電電源 4 5 により充電されたスパイカコンデンサ 4 4 から主放電電極 4 1、4 2 間に電力を供給し、主放電電極 4 1、4 2 間の放電 4 3 を開始させる。この時点までには磁気飽和スイッチ 5 1 はオフしており、主放電電極 4 1、4 2 間の放電 4 3 はスパイカコンデンサ 4 4 のみから供給されるエネルギーにより生ずる。次に、サステイナコンデンサ 4 6 をサステイナ充電電源 4 7 により充電した後、スパイカ回路による放電が終了する前に磁気飽和スイッチ 5 1 をオンする。これによりスパイカ回路から供給されるエネルギーで開始された主放電部に、サステイナコンデンサ 4 6 に充電したエネルギーを注入することができる。このようにスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザ 2 1 b では放電場面に 2 段階にエネルギーを注入することができ、従来用いられてきたエキシマレーザに比べて長い発振時間を得ることができる。

【0081】図 18 はスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザにより得られたレーザ発振波形的例を示す図である。このように、スパイカ・サステイナ方式エキシマレーザ 2 1 b が放射するレーザ発振光の半値幅は約 190 ns となり、従来用いていたパルス幅 17 ns に比べて十倍以上長いレーザ光パルスを得ることができる。従って、図 16 に示す様に、スパイカ・サステイナ方式エキシマレーザ 2 1 b をレーザアニーリング装置に用いれば、パルス幅が従来の装置に比べて十分長いレーザ光を加工対象物に照射することができる。これにより、かかる実施例を T F T アニーリング加工に適用することにより、ポリシリコンの結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒境サイズの大きなポリシリコン結晶を得ることができる。これにより電子移動度が高く高速動作が可能なトランジスタを得ることができる。

【0082】実施例 7。図 19 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 2 に示す参照符

号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、3 1 a はアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜、3 1 b はアモルファスシリコン膜 3 1 a が形成された基板、D はアモルファスシリコン膜 3 1 a の溶融再結晶化を行う第 1 のレーザ光、E はアモルファスシリコン膜 3 1 a の補助加熱を行う第 2 のレーザ光、2 1 は第 1 のレーザ光 D を発生する第 1 のレーザ発振器、3 7 は第 2 のレーザ光 E を発生する第 2 のレーザ発振器、3 8 は第 2 のレーザ光 E のビーム形状を線状に整形するビーム整形光学系、3 9 は第 2 のレーザ光 E の進行方向を変更するペンディングミラーである。尚、補助加熱ステップは主に第 2 のレーザ発振器 3 7 により実現される。

【0083】既に述べたように、溶融再結晶時のポリシリコン結晶の粒境サイズは、溶融後の温度低下速度が遅く結晶化のための時間を長く取れるほど大きくする傾向がある。従って、アモルファスシリコンが一旦溶融し、再結晶化する際の温度低下速度を低減することにより、粒境が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。このため、単一のレーザ光を用いた従来のレーザアニーリング方法においては、アニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン薄膜を形成した基板全体をヒータで加熱することにより温度低下速度の低減を図っていた。これに対して、アニーリング加工においてレーザビームと基板との間で $\sim 10 \mu\text{m}$ 程度の位置精度が必要となるので、この発明の上記実施例の如く線状レーザビームを用いてレーザアニーリングを行う場合、従来のように基板全体を加熱してしまうと、熱による基板の変形のため加工精度が低下するという問題点がある。

【0084】また、線状レーザビームを用いたレーザアニーリングは、図 2 に示した精密テーブル等の台 3 2 にアモルファスシリコン膜を形成した基板を固定し、精密テーブルを順次移動させながら標的とする薄膜トランジスタ形成列に対しアニーリングを行っていくが、基板全体を加熱した場合、基板の熱が精密テーブルに伝わり、熱膨張により精密テーブルの移動精度が低下するため、基板と精密テーブルとの間では断熱を保たねばならず、基板の保持機構が複雑になるという問題点がある。

【0085】この実施例は、以上の問題点を解決するために補助加熱用のレーザ発振器をさらに具備したもので、これにより大粒径且つ均一な結晶性を有するポリシリコン層を形成するものである。

【0086】次に動作について説明する。第 1 のレーザ発振器 2 1 より射出した第 1 のレーザ光 D は、ビーム整形光学系であるビームホモジナイザ 2 7 及びレンズ 2 8 によりアモルファスシリコン膜 3 1 a 上で線状集光するよう整形され、アモルファスシリコン膜 3 1 a に照射される。第 2 のレーザ発振器 3 7 より射出した第 2 のレーザ光 E も同様にビーム整形光学系 3 8 によりアモルファ

スシリコン膜31a上でのビーム形状が線状となるよう整形され、アモルファスシリコン膜31aに照射される。このとき第2のレーザ光Eのアモルファスシリコン膜31a上における照射位置が、第1のレーザ光Dによる照射位置とほぼ同位置となるように、第2のレーザ光Eの進行方向はベンディングミラ39により調整される。

【0087】図20はこの実施例における第1のレーザ光Dと第2のレーザ光Eのアモルファスシリコン膜31a上におけるビーム照射領域を示すものであり、図において、60は第1のレーザ光Dのビーム照射領域、61は第2のレーザ光Eのビーム照射領域である。

【0088】図20に示すように、アモルファスシリコン膜31a上の第2のレーザ光Eのビーム照射領域61は、幅、長さともに第1のレーザ光Dのビーム領域60よりも大なる寸法を有しており、また、第2のレーザ光Eの照射領域61が、第1のレーザ光Dの照射領域60を覆うように、第1及び第2のレーザ光D、Eの照射位置を調整している。このように、第2のレーザ光Eの照射領域61が、第1のレーザ光Dの照射領域60を覆うようビーム形状、照射位置を設定しているため、第1のレーザ光Dの照射位置と第2のレーザ光Eの照射位置とのズレをある程度許容することが可能となる。

【0089】図21はこの実施例における第1のレーザ光Dと第2のレーザ光Eの光強度の時間変化を示した図であり、図において、Dは第1のレーザ光Dの光強度の時間変化、Eは第2のレーザ光Eの光強度の時間変化を示している。第2のレーザ光Eのピーク強度は、アモルファスシリコン膜を溶融せしめる第1のレーザ光Dのピーク強度に比べ非常に低く、また、第2のレーザ光Eの時間幅は、第1のレーザ光Dの時間幅に比べ短い。また、第1のレーザ光Dは第2のレーザ光Eの照射中にアモルファスシリコン膜への照射が開始して完了するよう、第1及び第2のレーザ光D、Eの照射タイミングは制御される。

【0090】図22はレーザアニール時のアモルファスシリコン膜31aの表面温度の時間変化を示しているグラフ図であり、図において、62はこの実施例によるレーザアニール装置によりアニールを行ったときのアモルファスシリコン膜31aの表面温度、63は単一のレーザ光のみを用いる従来の方法でアニールを行ったときのアモルファスシリコン膜の表面温度である。この実施例によるレーザアニール装置を用いてアニールを行った場合、第2のレーザ光Eを照射しアモルファスシリコン膜31aを補助加熱しながら、第1のレーザ光Dを照射することにより溶融再結晶化を行うので、単一のレーザ光のみを用いた従来の場合に比べ、図22に示すように、アモルファスシリコン表面の温度がピークに到達したときの温度の低下する速度が速くになっている。

【0091】以上のように、第2のレーザ光Eを用いてアモルファスシリコン膜31aを補助加熱している間に、第1のレーザ光Dでアモルファスシリコン膜の溶融再結晶化を行えば、アモルファスシリコン膜31aがピーク温度に達した後の温度低下速度を効果的に減少させることが可能となるので、粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。また、この実施例で示したように第2のレーザ光Eを用いてアモルファスシリコン膜31aの補助加熱を行えば、第2のレーザ光Eのビーム形状を第1のレーザ光Dと同じく線状に整形することにより、アモルファスシリコン膜31a上の補助加熱する領域をポリシリコン化する部位の周囲のみに限定することが可能となるので、不必要な領域での熱の消費を防ぐことができるばかりでなく、アモルファスシリコン膜31aを形成した基板31bの保持機構の構成において熱の影響を考慮する必要がなくなり、その結果簡易な機構で基板31bを保持することができる。また、第2のレーザ光Eを用いて補助加熱を行うと、アモルファスシリコン膜31a自体の光吸収により温度が上昇するため、同時にポリシリコン化領域の加熱を行うことができる。

【0092】尚、この実施例では、第2のレーザ光Eをアモルファスシリコン自体に吸収させ補助加熱を行う方法を示したが、第2のレーザ光Eの波長として、基板31bがレーザ光を吸収するような波長を選択し、第2のレーザ光Eで基板31bを補助加熱しても同様な効果が得られることはいうまでもない。

【0093】実施例8・図23はこの発明の他の実施例によるレーザアニール方法を実現する装置の構成図であり、図において、図19に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示している。この実施例では上記した実施例7とは異なり、アモルファスシリコン膜31aの表面に対し、第1のレーザ光Dの照射方向とは逆側から第2のレーザ光Eの照射を行っている。第2のレーザ光Eの波長として、基板31bがレーザ光をある程度透過し、アモルファスシリコンがレーザ光を吸収するような波長が選択される。

【0094】次に動作について説明する。第1のレーザ発振器21より出力した第1のレーザ光Dは、ビーム整形光学系であるビームホモジナイザ27及びレンズ28によりアモルファスシリコン膜31a上で線状集光するよう整形され、アモルファスシリコン膜31aに照射される。第2のレーザ発振器37より出力した第2のレーザ光Eも同様にビーム整形光学系38によりアモルファスシリコン膜31a上でのビーム形状が線状となるよう整形され、基板31bを透過した後アモルファスシリコン膜31aに照射される。このとき、第2のレーザ光Eのアモルファスシリコン膜31a上における照射位置が、第1のレーザ光Dによる照射位置とほぼ同位置となるように、第2のレーザ光Eの進行方向はビーム整形光

学系38に含まれる光学系又は図示していない反射ミラーにより調整される。また、上記実施例7と同様に、図20に示すように、アモルファスシリコン膜31a上の第2のレーザ光Eのビーム照射領域61は、幅、長さともに第1のレーザ光Dのビーム領域60よりも大なる寸法を有しており、また、第2のレーザ光Eの照射領域61が、第1のレーザ光Dの照射領域60を覆うように、第1及び第2のレーザ光D、Eの照射位置を調整している。

【0095】これにより、上記実施例7と同様に、第2のレーザ光Eを用いてアモルファスシリコン膜31aを補助加熱している間に、第1のレーザ光Dでアモルファスシリコン膜の溶融再結晶化を行えば、アモルファスシリコン膜31aがピーク温度に達した後の温度低下速度を効果的に減少させることが可能となるので、粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。また、アモルファスシリコン膜31a上の補助加熱する領域をポリシリコン化する部位の周囲のみに限定することが可能となるので、不必要な領域での熱の消費を防ぐことができるばかりでなく、アモルファスシリコン膜31aを形成した基板31bの保持機構の構成において熱の影響を考慮する必要がなくなり、その結果簡易な機構で基板31bを保持することができる。また、第2のレーザ光Eを用いて補助加熱を行うと、アモルファスシリコン膜31a自体の光吸収により温度が上昇するので、瞬時にポリシリコン化領域の加熱を行うことができる。

【0096】尚、この実施例では、第2のレーザ光Eをアモルファスシリコン自体に吸収させる補助加熱を行う方法を示したが、第2のレーザ光Eの波長として、基板31bがレーザ光を吸収するような波長を選択し、第2のレーザ光Eで基板31bを補助加熱しても同様な効果が得られることはいうまでもない。

【0097】実施例9、図24はこの発明の他の実施例におけるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図2に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、70はレンズ、71はフーリエ変換型位相ホログラム（以下ホログラムと略す）、72はレンズ70及びホログラム71から構成されるビーム整形光学系である。即ち、レンズ70及びホログラム71は、アニーリング加工対象物31上で長手方向に均一なレーザ強度分布を有する線状レーザビームを得るためのビーム整形光学系72を構成している。

【0098】実施例1で述べたように、一般に、線状レーザビームのような均一な強度分布を作り出すビーム整形光学系として図3及び図4に示したビームホモジナイズ光学系とシリンドリカルレンズとの組み合わせが用いられるが、例えば図3に示したようなビームホモジナイズでは、レーザビームの小さな一部分が拡大されて他の部

分と大きく重ね合わせられるために、お互いに干渉して干渉縞ができてしまい、均一な強度分布にならないという問題点がある。また、均一強度分布以外の任意の強度分布を作り出すことも大変困難である。

【0099】さらに、エキシマレーザは、短パルスの放電励起レーザであり、放電の不安定性や、共振器内で発振モードが十分に形成されないで、パルスごとのビームプロファイルやビームの重心が不安定になっている。さらに、放電電極の消耗などにより長期的にもビームプロファイルやビームの重心が変化する。従って、図4に示したビームホモジナイズでは、ビームの重心がずれると中央から分割できなくなってしまうという問題点がある。また、設計どりのビームプロファイルにならないと、重ね合わせでも均一な強度分布にならない。

【0100】このように、従来のビームホモジナイズ光学系は、短パルスレーザに対して安定に均一な強度分布をつくることができず、安定な線状レーザビームを実現するのが困難であるため、安定なアニールは難しかった。

【0101】このような問題点を解消するために、この実施例によるレーザアニーリング装置は、ビーム整形光学系72を構成する重要な要素としてフーリエ変換型位相ホログラムタイプのホログラム71を具備している。

【0102】次に動作について説明する。レーザ発振器21から発せられたレーザ光は、レンズ70及びホログラム71から構成されるビーム整形光学系72を通る。この際、レーザ光はレンズ70によって基板31上に照射されるが、図25に示す様に、レンズ70と基板31との間に設けられたホログラム71によって基板31上に一直線上に並んだいくつもの重なりあった照射スポットを持つように空間変調される。ホログラム71は、それぞれの照射スポットを基板31上の任意の位置に、任意の強度で配置することができる。この実施例では、図26(a)に示すように一直線上に照射スポットが並ぶようなホログラム71を用い、図26(b)に示すようにそれぞれの照射スポットが重なりあうように調整する。これにより、基板31上で長手方向に均一なレーザ照射強度分布を持つ線状レーザビームを得ることができ、安定なレーザアニールを実行することができる。

【0103】図27はこの実施例によるホログラム71によって生成される複数のスポットの重なり合いを示す図である。均一な強度分布を得るためには、図27に示すように重なり合わせる照射スポットは、それぞれの照射スポットの半値幅よりも小さな間隔で配置されて互いに一部が重ね合わせられなければならない。隣り合う照射スポットの中心間の距離、即ち重ね合わせ間隔は狭いほど同一点上に重ね合わせられる照射スポットの数が増すので、強度分布の均一性は高くなる。しかしながら、レーザ光の空間的干渉距離よりも狭い間隔で重ね合わせると、干渉縞によってかえって均一性が悪くなる可能性が

あるので、重ね合せ間隔は狭ければよいというものではない。

【0104】ホログラム71としては、設計したパターン、即ち一直線上に並ぶ複数の照射スポットへ回折する光のエネルギーの割合である回折効率の高い位相ホログラムを用い、光利用効率を高めている。これによって、レーザ出力の数10%のエネルギーが実際のアニーリング加工に利用できるようになる。

$$g(x_2) = \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1x_2 + Dx_2^2]} dx_1$$

【0107】この入力像 $u(x_1)$ に空間周波数 a で位相が変化する変調板を重ね合せると、回折像は次のようになる。

$$\begin{aligned} g'(x_2) &= \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i(2\pi ax_1 + \phi)} e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1x_2 + Dx_2^2]} dx_1 \\ &= \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i\phi} e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1x_2 + Dx_2^2 + 2B\lambda ax_1]} dx_1 \\ &= e^{iDB\lambda a^2} \cdot e^{-i(2\pi Dax_2 + \phi)} \cdot \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1(x_2 - B\lambda a) + D(x_2 - B\lambda a)^2]} dx_1 \\ &= e^{iDB\lambda a^2} \cdot e^{-i(2\pi Dax_2 + \phi)} \cdot g(x_2 - B\lambda a) \end{aligned}$$

【0109】右辺の $g(x_2 - B\lambda a)$ は変調板を挿入していないときの回折像である $g(x_2)$ を $B\lambda a$ だけ移動させたものである。右辺のその他の項は位相だけを変化させる項である。入力像 $u(x_1)$ 空間周波数 a を持った変調板を重ね合せると $B\lambda a$ ずれた位置に像が現われ、空間周波数 a 1 と空間周波数 a 2 の成分が等しい強度で重なりあった変調板を重ね合せると、 $B\lambda a_1$ 及び $B\lambda a_2$ ずれた位置に2つの像が現われる。これより、いくつかの空間周波数成分を重ね合せてきた位相分布を持つ変調板としての位相ホログラムを光学系に挿入すると、それぞれの空間周波数に相当する位置にいくつかの像を作ることができる。像と像との距離を互いにインコヒーレントになる程度に離せば、像の位相は任意の値でも干渉しないので、図25に示したようにレンズ70による集光光学系にこのようなホログラム71を挿入することにより、基板31上に一直線上に並んだ複数の照射スポットを形成し、それらの照射スポットを互いに重なりあうように配置することにより、アニーリングに適

【0105】次にホログラム71によるレーザ光の空間変調の方法について説明する。例えば、文献ジューグマン(A. E. Siegman) 「レーザー("LASERS")」に示されるように、ABCD光線行列で表わされる光学系を通して伝播する光の回折像は次のように計算できる。

【0106】
【数1】

【0108】
【数2】

した任意の照射強度分布を作り出すことができる。

【0110】ホログラム71の位相分布パターンは各照射スポット即ち転写パターンそれぞれの位置に相当する空間周波数を重ね合わせて決定される。ホログラム71の位相分布パターンは計算機で計算することによって決定することもできる。ホログラム71は滑らかな位相分布をいくつかの段階に量子化して製作することもできる。この実施例では、ホログラム71は様々な空間周波数を任意の初期位相で重ねあわせるものとしている。このようなホログラム71では、位相を量子化する場合でも、重ね合わせる初期位相をパラメータとして量子化誤差が最小になるように最適化でき、高回折効率、低ノイズのホログラム71をパターンニングできる。

【0111】図28はこの実施例による位相ホログラム形式のホログラム71のパターンニング方法を説明するための図であり、図28(a)は、複数のセルに分割されたホログラム71の一部における、位相を0度と180度の2段階に量子化して計算機によって算出された位相

分布パターンを拡大して示しており、74は位相0度部、75は位相180度部である。また、図28(b)は、ホログラム71の位相分布パターン全体を示している。このように、ホログラム全体を多数のセルに分割し、それぞれのセルにおいて2段階に量子化して重ね合わせる初期位相をパラメータとして量子化誤差が最小になるように最適化して位相を決めていく方法でパターンニングしている。レーザ用のホログラムを製作する場合、使用できる材料が限られている。しかしながら、この実施例のように位相を量子化して計算機でパターンを決定すれば、限られた材料であっても実際の製作は比較的容易である。

【0112】図29はホログラム71の製作方法を説明するための図であり、711は位相シフト膜、712は位相シフト部、713は屈折率変化部、714は位相シフト膜711、位相シフト部712、又は屈折率変化部713が形成された合成石英等の基板である。図29

(a)は基板714に位相シフト膜711をつけて位相分布を作る方法を示しており、このような位相ホログラムは位相シフト膜711の膜厚によって位相シフト量が決まるが膜厚の制御は比較的容易であるので、位相誤差は小さい。図29(b)は合成石英等の基板714をエッチングし、エッチング溝により位相シフト部712を形成し位相分布を作る方法を示しており、図29(a)に示したような耐光強度が比較的高い位相シフト膜と基板との界面がないので、ホログラムの耐光強度を向上させることができる。図29(c)は合成石英等の基板714に屈折率変化部713を作ることによって位相シフト部を形成し位相分布を作る方法を示しており、この方法でもやはり界面がなくなるので、ホログラムの耐光強度を向上させることができる。

【0113】以上示したように、この実施例によるレーザアニーリング装置によれば、ホログラムを用いた光学系により、ビームホモジナイザ光学系の欠点を克服することができ、アニーリング加工対象物をアニールに適したレーザ照射強度分布でレーザ照射することができ、安定で均一なレーザアニールを実行できる。

【0114】実施例10. 図30はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置を示す図である。この実施例によるレーザアニーリング装置の構成は、基本的には図24に示した実施例9によるものと同一である。

【0115】上記実施例9によるホログラムによって、線状レーザビームの長手方向は均一な強度分布が得られるが、幅方向の強度分布は単一の照射スポットの強度分布がそのまま反映されるので、レーザアニールにおいて許容される強度を持つ領域は狭い範囲に限られる。このようなレーザビームでアニールを行う場合、薄膜トランジスタ形成部1列をこの許容範囲内に収めるためには、

精度の高いアライメントを行う必要があることがある。そこで、この実施例によるホログラムは、図30(a)に示すように、平行な2本の直線上にそれぞれ複数の照射スポットを作るように構成されている。

【0116】次に動作について説明する。図30(a)に示すような照射スポットを生成するホログラムを用いて、図30(b)に示すようにそれぞれの照射スポットが長手方向に重なりあって線状のビームを形成するとともに、2本の線状レーザビームも互いに1つの照射スポットの強度分布の半値幅程度の重ね合わせ距離で重なり合うように調整する。これによって、図31(a)に示す実施例9等によって形成されるアニーリング加工対象物上における1つの線状レーザビームの幅方向の強度分布と比べると、図31(b)に示すように前記重ね合わせ距離で2本の線状レーザビームが重なり合い、幅方向についても均一強度分布を持つ範囲が広がっている。これにより、照射位置のアライメント精度を緩和することができ、安定なアニールが可能になる。さらに、多くの平行な線状レーザビームを重ねることでより幅方向の均一強度領域を広げることができ、さらに照射位置のアライメント精度を緩和できる。

【0117】実施例11. 図32はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図24に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示している。この実施例によるレーザアニーリング装置の構成は、基本的に図24に示した実施例9によるものと同一である。

【0118】実施例9ではホログラム71はレンズ70の後方に配置されていたのに対して、この実施例では、ホログラム71はレンズ70の前側の焦点位置に配置されている。

【0119】次に動作について説明する。図32に示したこの実施例によるホログラム71及びレンズ70の配置においては、ホログラム71で分割されたレーザビームそれぞれの主光線がレンズ70によって元の光軸と平行になる。このため、基板31に入射する全てのレーザビームの主光線を基板31に垂直に入射させることができる。基板31に対して光の入射角度が異なると、基板31の光反射率や光吸収率が変化してしまい、たとえ照射強度分布が均一であっても、基板31に吸収される光エネルギーが均一でなくなり、アニールが不均一になることがある。これに対して、図32に示すような配置をとることにより、基板31に入射するレーザビームの主光線がすべて同じ角度で入射するため、入射角の影響がなくなり均一で安定なアニールが可能になる。

【0120】実施例12. 図33はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図24に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示し

ており、80は少なくとも線状のビーム形状の長手方向と垂直方向にレーザビームのビーム幅を拡大するための凹面のシリンドリカルレンズである。図33(a)はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図33(b)はその側面図を示している。

【0122】上記実施例9から11においては、レーザ発振器から出射されたレーザ光は、そのまま線状のビーム形状に整形されていたため、レーザ発振器からのビーム発散角が大きい場合には、トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅に集光できず、トランジスタ形成部の列間隔を小さくして高精細の液晶ディスプレイを製作することができないという問題点がある。

【0122】この実施例は、このような問題点を解消するためになされたもので、そのために凹面のシリンドリカルレンズ80を具備している。

【0123】次に動作について説明する。レーザ発振器21から出射されたレーザ光は、凹面のシリンドリカルレンズ80、凸レンズ70、ホログラム71と伝搬され線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板31上のトランジスタ形成部に照射されるが、この途中でレーザ光は凹面のシリンドリカルレンズ80により線状レーザビームの長手方向と垂直方向に広げられる。

【0124】一般に、焦点距離 f の凸レンズを用いて光を集光した場合、最小の集光幅 ω_0 は、 $\omega_0 = f \cdot (\alpha \cdot \lambda / D)$ で表される。

【0125】ここで、 λ はレーザ光の波長、 D はレーザ光が凸レンズに入射するときのビームの幅、 α はレーザビームのプロファイルやレーザ発振器21が出射されるレーザ光の発散角で決まる定数である。

【0126】従って、集光幅 ω_0 を小さくするには、凸レンズの焦点距離 f 、若しくはレーザ光の波長 λ を小さくする必要がある。又は、凸レンズに入射するときのレーザビームの幅 D を大きくする必要がある。

【0127】しかしながら、焦点距離 f を小さくすると、凸レンズの収差が大きくなり、むしろ集光幅が大きくなる。加えて、凸レンズ70と基板31との間隔が近づくことになるため、基板31からの飛散物が凸レンズ70に付着するなどの弊害がある。また、レーザ光の波長を小さくするとレンズ材料の選定が困難となり、レーザ発振器21の安定性が悪くなる。

【0128】凹面のシリンドリカルレンズ80に入射するビーム幅 d のレーザ光を凹面のシリンドリカルレンズ80によって、凸レンズ70に入射するときにはビーム幅を拡大して D とすることにより、レーザ発振器のビーム発散角で決まる α が大きいても、 ω_0 の値を小さく抑えることができる。即ち、ビーム発散角の大きなレーザ発振器21でも集光幅を小さくできる。また、同一の α を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅 ω_0 。

を d/D に縮小することができ、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくすることができる。

【0129】なお、この実施例では、凸レンズ70に入射するビーム幅を大きくするために、凹面のシリンドリカルレンズ80を使用したが、重ね合わせビッチが十分小さい場合、線状レーザビームの長手方向と平行方向にビーム幅を拡大して集光幅が小さくなくても均一な線状レーザビームが得られるときは、凹面のシリンドリカルレンズの代わりに通常の凹面レンズを用いても良い。

【0130】実施例13。図34はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図33に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、81は反射ミラー、82は少なくとも線状のビーム形状の長手方向と垂直方向にビーム幅を拡大するための凸面のシリンドリカルミラーである。図34(a)はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図34(b)はその側面図を示している。この実施例では、上記実施例12の凹面のシリンドリカルレンズの代わりに凸面のシリンドリカルミラー82を用いる。

【0131】次に動作について説明する。上記したように、入射するレーザ光のビーム幅を大きくすることにより、ビーム発散角の大きなレーザ発振器21でも集光幅を小さくでき、且つ同一の発散角を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅を縮小することができ、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくできる。レーザ発振器21から出射されたレーザ光は、反射ミラー81で反射された後、凸面のシリンドリカルミラー82、レンズ70、ホログラム71と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板31上のトランジスタ形成部に照射されるが、この途中でレーザ光は凸面のシリンドリカルミラー82により線状レーザビームの長手方向と垂直方向に広げられる。これにより、実施例12と同様に、凹面のシリンドリカルミラー82に入射するビーム幅 d のレーザ光を凹面のシリンドリカルミラー82によって、凸レンズ70に入射するときにはビーム幅を拡大して D とすることにより、ビーム発散角で決まる α が大きいても、 ω_0 の値を小さく抑えることができる。即ち、ビーム発散角の大きなレーザ発振器21でも集光幅を小さくできる。また、同一の α を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅 ω_0 を d/D に縮小することができ、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくすることができる。

【0132】実施例14。図35はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図33に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、83は少なくとも線状のビーム形状の長手方向

と垂直方向にビーム幅を拡大するための凹面のシリンドリカルレンズ及び凸面のシリンドリカルレンズ、又は凸面のシリンドリカルミラー及び凹面のシリンドリカルミラーから成るビームエキスパンダーである。図 35

(a) はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図 35 (b) はその側面図を示している。この実施例では、実施例 12 の凹面のシリンドリカルレンズの代わりに線状のビーム形状の長手方向と垂直方向にビーム幅を拡大するための凹面のシリンドリカルレンズ及び凸面のシリンドリカルレンズから成るビームエキスパンダー 83 を用いる。

【0133】次に動作について説明する。レーザ発振器 21 から出射されたレーザ光は、ビームエキスパンダー 83、レンズ 70、ホログラム 71 と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板 31 上のトランジスタ形成部に照射されるが、この途中でレーザ光はビームエキスパンダー 83 により線状レーザビームの長手方向と垂直方向に拡げられ、実施例 12 と同様に、ビームエキスパンダー 83 に入射するビーム幅 d のレーザ光をビームエキスパンダー 83 によって、凸レンズ 70 に入射するときにはビーム幅を拡大して D とすることにより、ビーム発散角で決まる α が大きくなり、 ω_0 の値を小さく抑える抑えることができる。即ち、ビーム発散角の大きなレーザ発振器 21 でも集光幅を小さくできる。また、同一の α を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅 ω_0 を d/D に縮小することができ、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくすることができる。また、この実施例では、レーザ光がレンズ 70 に入射する際、ビーム幅の広い平行ビームとなっているので、実施例 12 の凹面のシリンドリカルレンズを用いた場合のように、凹面のシリンドリカルレンズ 80 とレンズ 70 との距離により入射ビーム幅が変化することなく、安定した集光幅でトランジスタ形成部に照射することができる。

【0134】実施例 15。図 36 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 33 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、84 は少なくとも線状のビーム形状の長手方向と垂直方向に不安定型共振器を組むためのミラー対である。図 36 (a) はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図 36 (b) はその側面図を示している。

【0135】上記した実施例 9 等においては、レーザ発振器からのビーム発散角が大きい場合には、レーザ発振器から出射されたレーザ光を線状のビーム形状に整形してもトランジスタ形成部の列間隔より小さい幅に集光できず、またトランジスタ形成部の列間隔を小さくして高精密の液晶ディスプレイを製作することができないという問題点がある。この実施例によるレーザアニーリング

装置は、かかる問題点を解消するために線状のビーム形状の長手方向と垂直方向のビーム発散角を低減する不安定型共振器 84 を備えている。

【0136】次に動作について説明する。不安定型共振器 84 を具備したレーザ発振器 21 から出射されたレーザ光は、レンズ 70、ホログラム 71 と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板 31 上のトランジスタ形成部に照射される。

【0137】既に述べたように、一般に、焦点距離 f の凸レンズを用いて光を集光した場合、最小の集光幅 ω_0 は、

$$\omega_0 = f \cdot (\alpha \cdot \lambda / D)$$

で表される。

【0138】ここで、 λ はレーザ光の波長、 D はレーザ光が凸レンズに入射するときのビームの幅、 α はレーザビームのプロファイルやレーザ発振器 21 から出射されるレーザ光の発散角で決まる定数である。

【0139】集光幅 ω_0 を小さくするには、凸レンズの焦点距離 f 、レーザ光の波長 λ を小さくするか、若しくは凸レンズに入射するときのレーザビームの幅 D を大きくするか、又は、焦点距離 f 、レーザ光の波長 λ 、凸レンズに入射するときのレーザビームの幅 D が変わらなるとすれば、ビーム発散角を小さくする必要がある。

【0140】実施例 9 等によるレーザアニーリング装置では、線状レーザビームの集光幅をできるだけ小さくするため、通常のレーザ発振器では発散角が小さいとされる、電極方向と垂直な方向のビームを線状レーザビームの幅方向となるように構成することが多い。しかしながら、不安定型共振器を用いた場合にはこの方向の発散角の小ささに限界があるため、集光幅を十分小さくできない。

【0141】この実施例によるレーザアニーリング装置は、電極方向と垂直な方向においてレーザビームのビーム発散角を抑えるような不安定型共振器 84 を備え、且つ線状のビーム形状の長手方向と垂直方向を電極方向と垂直方向となるようにしている。これによって、不安定型共振器 84 から出射されるビームの発散角は、不安定型共振器から出射されるビームの発散角に比べて十分小さいため、集光幅がその分小さくなり、微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくできる。

【0142】実施例 16。図 37 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 33 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、85 はレーザ光軸に対して軸対称に不安定型共振器を組むためのミラー対である。図 37 (a) はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図 37 (b) はその側面図を示している。

【0143】上記実施例 15 では、電極方向と垂直な方向のレーザビームのビーム発散角を減少させるために不

安定型共振器を構成したが、この実施例によるレーザアニーリング装置は、軸対称不安定型共振器 85 を具備している。

【0144】次に動作について説明する。軸対称不安定型共振器 85 が組み込まれたレーザ発振器 21 から射出されたレーザ光は、レンズ 70、ホログラム 71 と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板 31 上のトランジスタ形成部に照射される。重ね合わせピッチが十分小さい場合は、線状レーザビームの長手方向と平行方向に対するビーム発散角を小さくしても均一な線状レーザビームが得られるときは、このような両者の方向に不安定共振器となる軸対称の不安定型共振器 85 を用いることにより、微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくできる。

【0145】

【発明の効果】以上のように、請求項 1 の発明によれば、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であってその長手方向においてアモルファスシリコン膜上の被ポリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ポリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、被ポリシリコン化部の全域を照射する照射ステップとを含むように構成したので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを掃引することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0146】請求項 2 の発明によれば、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であってその長手方向においてポリシリコン化により基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の 1 列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、線状レーザビームを用いて薄膜トランジスタ形成部の一列分を一括照射する照射ステップとを含むように構成したので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを掃引することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、薄膜トランジスタ形成部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0147】請求項 3 の発明によれば、線状ビーム生成ステップにおいて、長手方向において基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の 1 列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅

を有する線状レーザビームを複数生成し、照射ステップにおいて、複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射するように構成したので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを走査することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる上に加工速度を向上することができる効果がある。

【0148】請求項 4 の発明によれば、基板上に照射される線状レーザビームのパルス幅が 50 ns 以上であるように構成したので、アモルファスシリコン膜を線状レーザビームにて十分加熱することにより溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0149】請求項 5 の発明によれば、 50 ns 以上のパルス幅のレーザビームを生成するために、レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、該複数のレーザビームのうちの少なくとも 1 つのレーザビームを他のレーザビームに対して遅延させ、複数のレーザビームを重ねて基板上に照射する光学的遅延ステップをさらに含むように構成したので、アモルファスシリコン膜を線状レーザビームにて十分加熱することにより溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0150】請求項 6 の発明によれば、レーザ発振器が、レーザ媒質としてのレーザガス中において相対して設けられた第 1 及び第 2 の主電極と、第 1 及び第 2 の主電極に並列に接続されたスパイカコンデンサと、第 1 及び第 2 の主電極にスイッチング素子を介して並列に接続されたサステイナコンデンサと、スパイカコンデンサを充電するスパイカ充電用電源と、サステイナコンデンサを充電するサステイナ充電用電源とを具備するように構成したので、アモルファスシリコン膜を線状レーザビームにて十分加熱することにより溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0151】請求項 7 の発明によれば、アニール用のレーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用し、アモルファスシリコン膜又は基板を補助加熱する補助加熱ステップをさらに含んでおり、補助加熱用の他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビームの長さより大きな長さを有し、且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅より大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームパルスの時間幅よりも長いパルス幅のレーザビームか又は定常発振のレーザビームであり、補助加熱ス

テップにおいて同一の被ポリシリコン化部に対しアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用レーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了するように構成したので、補助加熱する領域をポリシリコン化する部位の周囲のみに限定することができ、不必要な領域での熱の消費を防ぐことができる効果がある。また、アモルファスシリコン膜を形成した基板の保持機構の構成において熱の影響を考慮する必要がないので、簡易な機構で基板を保持することができる効果がある。さらに、補助加熱によりアモルファスシリコン膜又は基板自体の光吸収により温度が上昇するので、瞬時にポリシリコン化領域の加熱を行うことができる効果がある。また、補助加熱用レーザビームの照射領域が、アニール用レーザビームの照射領域を覆うようビーム形状、照射位置を設定しているため、アニール用レーザビームの照射位置と補助加熱用レーザビームの照射位置とのズレがある程度許容することができる効果がある。

【0152】請求項8の発明によれば、線状ビーム生成ステップにおいて、レーザ発振器から放射されたレーザビームを線状に整形すべく、遠視野で複数の点を少なくとも1つの直線上に任意の位相で結像するフーリエ変換型位相ホログラムを用いるように構成したので、長手方向に均一な光強度分布を有する線状レーザビームを生成し、安定で均一なアニールを行うことができる効果がある。

【0153】請求項9の発明によれば、遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する位相ホログラムを用いるように構成したので、より均一な光強度分布を有する線状レーザビームを生成し、安定で均一なアニールを行うことができる効果がある。

【0154】請求項10の発明によれば、フーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のビームがアモルファスシリコン膜に対して実質的に垂直に入射すべくフーリエ変換型位相ホログラムの後方にレンズの前側の焦点位置にフーリエ変換型位相ホログラムが配置されるように構成したので、安定で均一なアニールを行うことができる効果がある。

【0155】請求項11の発明によれば、線状ビーム生成ステップにおいて線状レーザビームを生成する前に、少なくとも線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大するステップをさらに含むように構成したので、線状レーザビームの幅を細くするのに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高精細の液晶ディスプレイを製作できる効果がある。

【0156】請求項12の発明によれば、レーザ発振器が、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減す

るための不安定型共振器を具備するように構成したので、線状レーザビームの幅を細くするのに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高精細の液晶ディスプレイを製作できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図及び線状レーザビームの長手方向の強度分布を示す図である。

【図2】 図2はこの発明の一実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図3】 図2に示したレーザアニーリング装置に使用されるビームホモジナイザの一例の構成を示す構成図である。

【図4】 図2に示したレーザアニーリング装置に使用されるビームホモジナイザの他の例の構成を示す構成図である。

【図5】 図2に示したレーザアニーリング装置により結晶化されたポリシリコン層を示す平面図である。

【図6】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図7】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図8】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図9】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図10】 図9に示したレーザアニーリング装置に用いられたエキシマレーザの発振波形を示す図である。

【図11】 図9に示したレーザアニーリング装置を用いた場合の加工対象物表面の温度変化を示す図である。

【図12】 レーザアニーリング装置のレーザ発振器のレーザパルス幅と製作されるポリシリコン結晶の電子移動度との関係を示すグラフ図である。

【図13】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図14】 図13に示したレーザアニーリング装置に用いられたエキシマレーザの発振波形を示す図である。

【図15】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を

示すブロック図である。

【図 16】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 17】 図 16 に示したレーザアニーリング装置に使用されるスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザの励起回路構成を示す回路図である。

【図 18】 図 16 に示したレーザアニーリング装置に使用されたスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザの発振波形を示す図である。

【図 19】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 20】 図 19 に示した実施例に係るレーザアニーリング方法の第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光のアモルファスシリコン膜上の照射領域を示す図である。

【図 21】 図 19 に示した実施例に係るレーザアニーリング方法の第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光の光強度の時間変化を示す図である。

【図 22】 図 19 に示した実施例に係るレーザアニーリング方法、及び従来のレーザアニーリング方法におけるレーザアニール時のアモルファスシリコン表面の温度変化を示す図である。

【図 23】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 24】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 25】 図 24 に示したレーザアニーリング装置におけるビーム整形光学系の構成を示すブロック図である。

【図 26】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系により生成される複数の照射スポットを示す図である。

【図 27】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系により生成される複数の照射スポットの強度分布を示す図である。

【図 28】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系に使用される位相ホログラムのパターニングを示す図である。

【図 29】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系に使用される位相ホログラムの製作方法を示す図である。

【図 30】 この発明の他の実施例によるレーザアニー

リング方法を実現するレーザアニーリング装置に使用されるビーム整形光学系により生成される複数の照射スポットを示す図である。

【図 31】 図 30 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系により生成される線状ビームの相方向の複数の照射スポットの強度分布を示す図である。

【図 32】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置に使用されるビーム整形光学系の構成を示す構成図である。

【図 33】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 34】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 35】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 36】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 37】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 38】 従来のレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図 39】 従来のレーザアニーリング方法を用了した場合の照射結果を示す結晶化されたポリシリコン層の平面図である。

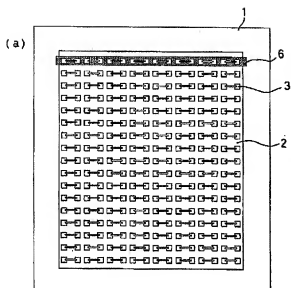
【図 40】 従来のレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 41】 従来のレーザアニーリング装置に用いられたエキシマレーザの発振波形を示す図である。

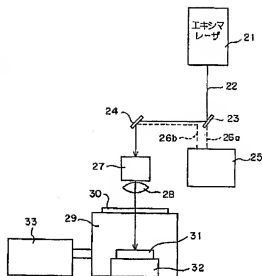
【符号の説明】

21、37 レーザ発振器、28、70 レンズ、31 基板（又はアニーリング加工対象物）、31a アモルファスシリコン膜、31b 基板、41 第一の主電極、42 第二の主電極、44 スパイクコンデンサ、45 スパイク充電用電源、46 サステイナコンデンサ、47 サステイナ充電用電源、51 磁気飽和スイッチ（スイッチング素子）、71 ホログラム（フーリエ変換型位相ホログラム）、84、85 不安定型共振器。

【図1】

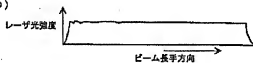


【図2】

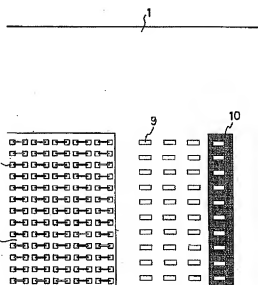


- 21：レーザー発振器
27：ビームホモジナイザ
28：レンズ
31：基板（又はアニーリング加工対象物）
32：台

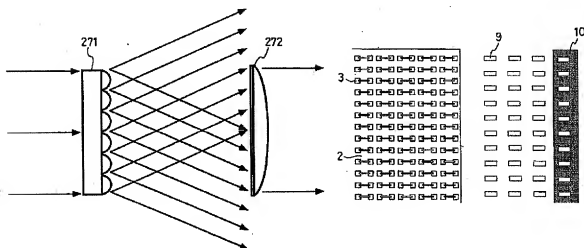
(b)



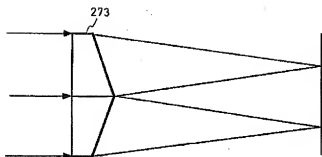
【図6】



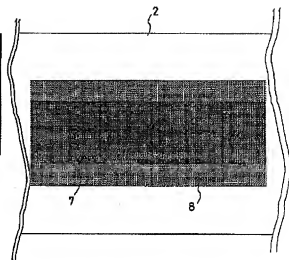
【図3】



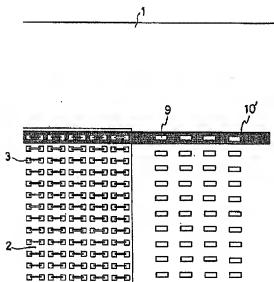
【図4】



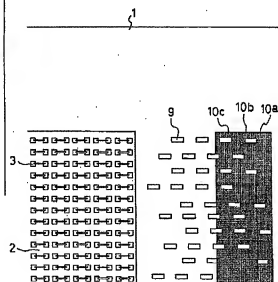
【図5】



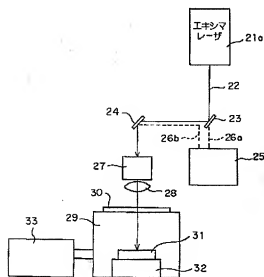
【図7】



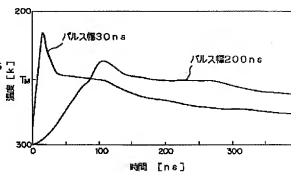
【図8】



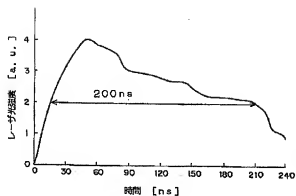
【図9】



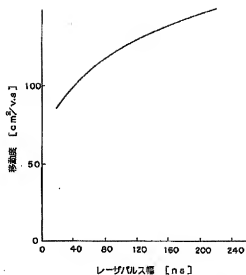
【図11】



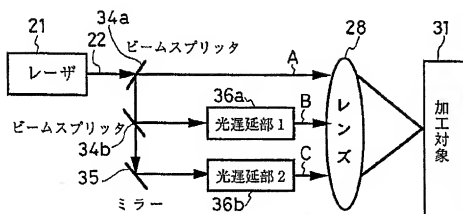
【図10】



【図12】

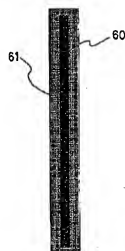


【図13】

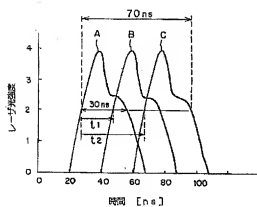


36a, 36b: 光遅延部

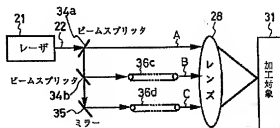
【図20】



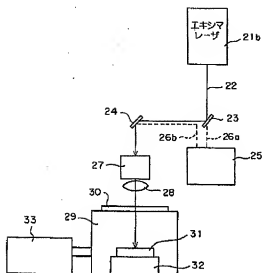
【図14】



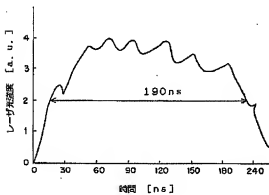
【図15】



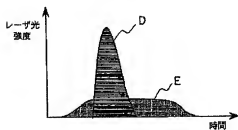
【図16】



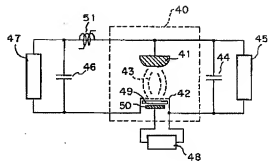
【図18】



【図21】

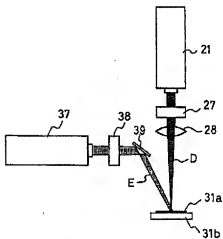


【図17】



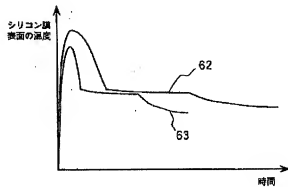
- 41: 第一の主電極
- 42: 第二の主電極
- 44: スパイクコンデンサ
- 45: スパイク充電電圧源
- 48: サステイナコンデンサ
- 47: サステイナ充電電圧源
- 51: 断熱短絡スイッチ (スイッチング素子)

【図19】

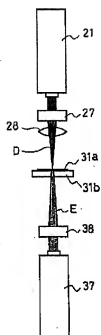


- 31a: アモルファスシリコン膜
- 31b: 基板
- 37: レーザ発振器

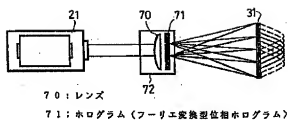
【図22】



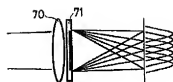
【図 23】



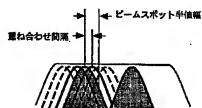
【図 24】



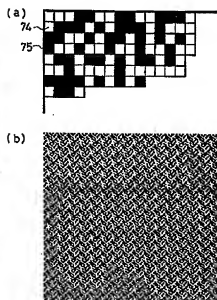
【図 25】



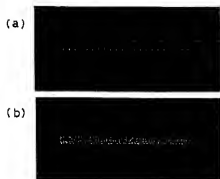
【図 27】



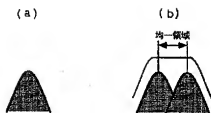
【図 28】



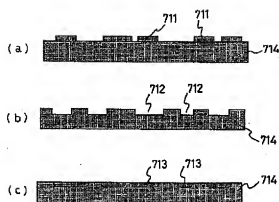
【図 26】



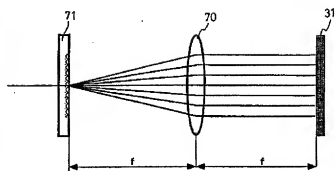
【図 31】



【図 29】

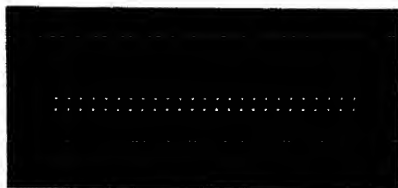


【図 32】

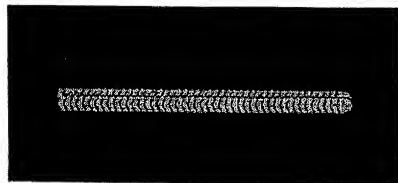


【図 30】

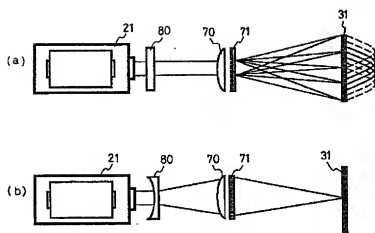
(a)



(b)

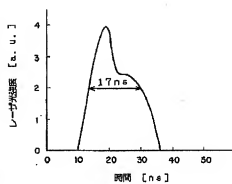


【図 3 3】

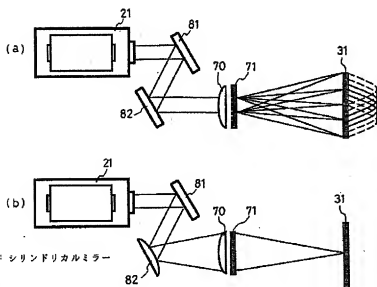


80: シリンドリカルレンズ

【図 40】

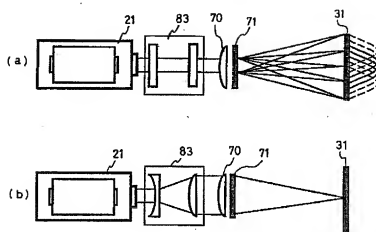


【図 3 4】



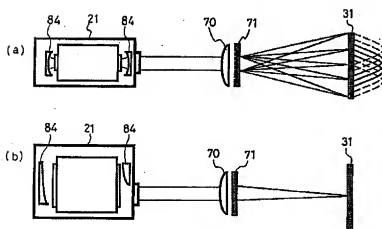
82: シリンドリカルミラー

【図 3 5】



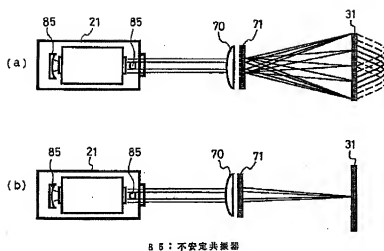
83 : ビームエキスパンダー

【図 3 6】

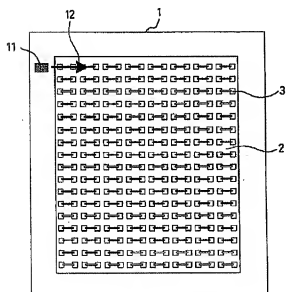


84 : 不安定共振器

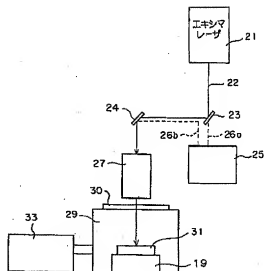
【図 3 7】



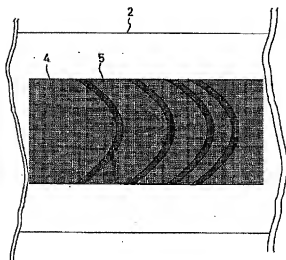
【図 3 8】



【図 3 9】



【図 4 1】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 満夫
 尼崎市塚口本町八丁目 1 番 1 号 三菱電機
 株式会社中央研究所内

(72)発明者 春田 健雄
 尼崎市塚口本町八丁目 1 番 1 号 三菱電機
 株式会社中央研究所内

(72)発明者 八木 直典
 尼崎市塚口本町八丁目 1 番 1 号 三菱電機
 株式会社中央研究所内

(72)発明者 後藤 令幸
 尼崎市塚口本町八丁目 1 番 1 号 三菱電機
 株式会社材料デバイス研究所内

(72)発明者 吉田 和夫
 尼崎市塚口本町八丁目 1 番 1 号 三菱電機
 株式会社生産技術センター内